



Sammanställning av resultat och erfarenheter

Projektsammanfattning

Det övergripande syftet med projektet iWater var att utveckla en digital lösning för realtidsövervakning av vattenkvalitet som mäter och indikerar avvikande vattenkvalitet orsakad av exempelvis bakterier och föroreningar. En central fråga inom projektet var hur resultat från digital miljöövervakning kan nyttjas för att öka medborgarengagemang gällande vattenrelaterade frågor.

Inom projektet har två olika sensorer testats, en som mäter pH, temperatur, salinitet och konduktivitet samt en som indikerar bakterieförekomst. Med sensorerna har realtidsmätningar utförts i Mälaren utanför Lovö vattenverk samt vid olika punkter inom dricksvattennätet. Sensorerna har kopplats till en framtagen IoT-plattform kallad "iWater Data Pipe", ett system där data kan hämtas, lagras, bearbetas, analyseras och visualiseras. AI-baserade modeller för maskininlärning har utvecklats för att baserat på mätdata förutspå mätvärden och indikera avvikande vattenkvalitet.

En affärsstrategi har tagits fram vilket har inneburit värdefullt informationsutbyte mellan slutanvändare och företag avseende behov, nyttor, möjligheter och problem. Affärsstrategin har medfört en ökad potential för vidareutveckling och kommersialisering av slutlösningen. Genom löpande samarbeten och erfarenheter under projektets gång har det tydliggjorts hur digital miljöövervakning kan vara en del av en smart stad samt inom vilka områden digitala lösningar kan nyttjas effektivt och användas för att öka invånares kunskap om vattenresurser.

Innehåll

Projektsammanfattning	2
Bakgrund.....	4
Syfte och mål	4
Organisation	5
Metod och genomförande	5
<i>Arbetspaket 1 – Projektledning</i>	<i>5</i>
<i>Arbetspaket 2 – Kommunikation, samverkan och ökad kunskap inom offentlig sektor</i>	<i>6</i>
<i>Arbetspaket 3, 4 och 5 – Utveckling av den tekniska lösningen.....</i>	<i>6</i>
<i>Arbetspaket 6 – Affärsstrategi.....</i>	<i>6</i>
<i>Arbetspaket 7 – Digital miljöövervakning i en smart stad</i>	<i>7</i>
Resultat och effekter	7
Utveckling av den tekniska lösningen	7
Affärsstrategi	10
Tillämpbarhet i en smart stad	10
Kommunikation	12
Slutsats och framtida utmaningar	12

Bakgrund

Rent och friskt vatten är en central fråga i många städer både avseende tillgång till dricks- och badvatten men även som livsmiljö för vattenlevande växter och djur. I Stockholm är vattenkvalitet en prioriterad fråga då många vattenområden är påverkade av historiska och nutida industriverksamheter, utsläpp av avloppsvatten samt tillförsel av näringsämnen och föroreningar via transport med dagvattnet från en urban miljö.

Idag utförs provtagning och analys av dricks- och badvattenkvalitet samt kontinuerlig kontroll av vattenkvaliteten i sjöar, vattendrag och kustvatten. Provtagningen utförs manuellt följt av laboratorieanalyser, manuell databearbetning och kommunikation av provtagningsresultat. Perioden från provtagning till att data bearbetats medför att resultat som kommuniceras inte alltid är aktuella och representativa. Resultat från provtagningar ger också endast en ögonblicksbild av vattenkvaliteten, på grund av provtagningsfrekvensen och antalet prover per vattenområde.

Det finns ett stort behov av att effektivisera processen för provtagning, analys, insamling samt bearbetning av data. Olika digitala lösningar finns på marknaden idag för mätning av vattenparametrar, dock är det främst dyra otympliga sensorer som saknar möjligheten att integreras med en IoT-plattform och AI-baserade analysmetoder för att tolka data på ett användarvänligt sätt. Nuvarande teknik lämpar sig därmed inte för storskalig övervakning. Viktiga utmaningar som identifierades som fokusområden för projektet iWater var hur tidsmässiga och rumsliga variationer i vattenkvalitet kan mätas med sensorer och hur data kan valideras och bearbetas till användarvänlig information till slutanvändare.

Syfte och mål

Det övergripande syftet med projektet iWater var att utveckla en digital lösning för realtidsövervakning av vattenkvalitet genom att mäta och indikera avvikande vattenkvalitet orsakad av exempelvis bakterier och föroreningar.

Syftet var även att utvärdera möjligheten att integrera en digital lösning i en smart stad och befintliga arbetsprocesser. En central

fråga var hur resultat från digital miljöövervakning kan nyttjas för att öka medborgarengagemang i vattenrelaterade frågor.

Organisation

iWater har varit del av det strategiska innovationsprogrammet för sakernas internet (IoT Sverige), en gemensam satsning av Vinnova, Formas och Energimyndigheten. Projektet har utgjort en av IoT-hubbarna i Stockholm och har även varit en del av programmet Digital Demo Stockholm (DDS) med samverkan mellan offentlig sektor, näringsliv och akademi.

Projektdeltagarna inom iWater har utgjorts av Ericsson, Telia, Miljöförvaltningen, Stockholm Vatten och Avfall, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholms universitet och Linköpings universitet.

Projektet har varit ett givande samarbete mellan offentlig sektor, akademi och näringsliv där Stockholms stad och Stockholm vatten och Avfall bidragit med kunskaper om tillämpningsområden och problemställningar. Stockholms universitet, Kungliga Tekniska Högskolan och Linköpings universitet har bidragit med kunskaper om vattenkvalitet, utveckling av affärsstrategier, sensorer och algoritmer. Ericsson och Telia har bidragit med nätverksuppkoppling, utveckling av plattformen, teknisk expertis och kunskaper inom affärmodellsutveckling.

Projektet iWater fas 2 inleddes 2018, som en förlängning av projektet iWater fas 1. Projektets fas 2 avslutades och slutrapporterades till Vinnova i december 2021.

Metod och genomförande

Projektgenomförandet var uppdelat i sju arbetspaket. Nedan presenteras huvudsyftena samt genomförande och metod med respektive del.

Arbetspaket 1 – Projektledning

Syftet med arbetspaket 1 var att säkerställa en övergripande inblick i utveckling, tidsplan och budget för projektet. Arbetet har omfattat:

- Regelbundna månadsvisa avstämningsmöten samt kvartalsvisa mer omfattande projektmöten. Mötesstrukturen har resulterat i att problem och knäckfrågor har kunnat lösas löpande samt säkerställt en övergripande inblick avseende projektutveckling, ekonomi och tidsplan.
- Framtagandet av en kommunikations- och jämställdhetsplan.

Arbetspaket 2 – Kommunikation, samverkan och ökad kunskap inom offentlig sektor

Syftet med arbetspaket 2 var att identifiera möjligheter och utmaningar med att tillämpa digitala lösningar i befintlig verksamhet, samt att utvärdera möjligt samspel med andra AI-verktyg. Arbetet har omfattat:

- Projektpresentation och medverkan på seminarier och konferenser samt presentation av projektet för internationella delegationer. Information om projektet har spridits genom medverkan i informationsfilmer och forskningsresultat har resulterat i ett flertal publicerade vetenskapliga artiklar.
- En ökad kunskap om digitala lösningar inom offentlig sektor har erhållits dels genom kunskapsutbyte med industri och akademi, erfarenhetsutbyte med andra IoT-projekt och externa aktörer. Stockholm stads program Smart stad har bistått med viktig information avseende plattformsstrukturer.

Arbetspaket 3, 4 och 5 – Utveckling av den tekniska lösningen

Syftet med arbetspaket 3, 4 och 5 var att utveckla den tekniska lösningen vilket har omfattat att installera sensorer för mätning av vattenkvalitet som kopplas till en IoT-plattform, där data analyseras med algoritmer för att indikera avvikande halter. Arbetet har omfattat:

- Installation och uppkoppling av sensorer som övervakar ytvattenkvalitet, badvattenkvalitet och dricksvattenkvalitet.
- Utveckling av algoritmer för ytvatten, badvatten och dricksvatten som indikerar avvikande halter. Algoritmer har utvecklats för att genom maskininlärning förutspå kommande mätvärden baserat på insamlad data.
- Integrera rådata och algoritmer på IoT-plattform och testa lösningen samt presentera resultat på ett enkelt användarvänligt sätt. Sensorerna har kopplats till en, inom projektet, framtagna IoT-plattform kallad "iWater Data Pipe". I detta system har data kunnat hämtas, lagras, bearbetas, analyseras och visualiseras.

Arbetspaket 6 – Affärsstrategi

Syftet med arbetspaket 6 var att utveckla en affärsstrategi för framtagna lösningar baserat på tillämpbarhet och slutanvändares behov. Arbetet har omfattat:

- Framtagande av en affärsstrategi för att förstå och möjliggöra affärsutvecklingen av resultaten. Arbetet har innefattat identifiering av vad som går att kommersialisera

av den utvecklade lösningen, hur lösningen levereras och hur värde genereras.

- Framtagande av en kundprofil och värdekarta genom metoden ”need-approach-benefits-competitors” (NABC). Arbetet med affärsstrategin har utförts i tre faser genom att:
 - 1) Identifiera den tekniska värdekedjan för iWater och beskriva nyckelresultat.
 - 2) Identifiera affärsvärdekedjan genom att lista intressenter, slutanvändare och kundsegment.
 - 3) Definiera affärsvärdet inom iWater.
- Workshops mellan tänkta slutanvändare inom offentlig sektor samt deltagare från näringslivet för att identifiera behov och efterfrågan. En generell undersökning av den internationella marknaden har utförts inom Water Europe.

Arbetspaket 7 – Digital miljöövervakning i en smart stad

Syftet med arbetspaket 7 var att undersöka hur digital miljöövervakning av vatten kan vara en del av en smart stad.

Arbetet har omfattat:

- Skapa förståelse för de tekniska kraven och möjligheterna med att använda sensorer som kopplats till en gemensam central plattform.
- Identifierande av inom vilka områden som vattenmiljöövervakning kan nyttjas och vilken data som behövs för att underlätta beslut.
- Identifierande av hur digitala lösningar kan nyttjas för att öka invånarnas kunskap om vattenresurser och miljöpåverkan.

Resultat och effekter

Utveckling av den tekniska lösningen

Inom iWater har två olika sensorer testats, en kommersiellt tillgänglig sensor som mäter pH, temperatur, salinitet och konduktivitet samt en sensor utvecklad av Linköpings universitet som indikerar bakterieförekomst. Bakteriesensornas mjuk- och hårdvara har under projektets gång utvecklats för mätning i dricksvattennätet och vid badplatser. Sensorernas känslighet har testats i kontrollerade miljöer där testsubstanter har tillsatts för att utvärdera responsen.

Sensorerna installerades i Mälaren utanför Lovö vattenverk samt vid olika punkter i dricksvattennätet vid Tekniska verken vattenverk i Linköping. Löpande underhåll och kontinuerlig kalibrering har utförts för att säkerställa att sensorerna inte påverkas av yttre faktorer som exempelvis algpåväxt och isläggning.



Installation av sensorer vid Lovön (vänster), samt mätsensorer (höger) Foto: Jacopó Cantoni SU.



Tillsättning av substanser till dricksvatten i kontrollerad testmiljö för utvärdering av bakteriesensorn. Foto Mats Eriksson, Linköpings Universitet.

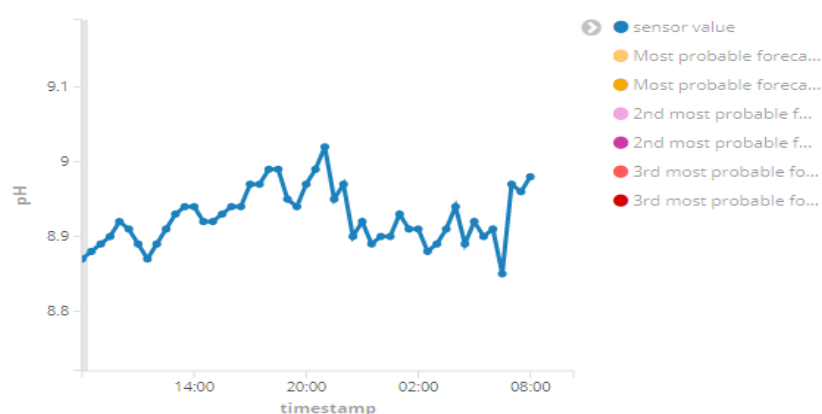
Ericsson har utvecklat en plattform kallad "iWater data pipeline". Lösningen möjliggör uppkoppling och dataöverföring från sensorer samt installation och konfigurerings av algoritmer för dataanalys. Sensorerna har anslutits till den framtagna IoT-plattformen, där data har kunnat hämtas, lagras, bearbetas, analyseras och visualiseras. Sensorerna har genererat nära realtidsmätningar var tionde sekund.

AI-baserade modeller för maskininlärning som baseras på mätdata har utvecklats av KTH för att förutspå värden och indikera avvikande vattenkvalitet. Modellerna har tränats genom kontinuerliga sensormätningar och kommunikation med databasen. Under projektet har endast ett fåtal sensorer testats. Målet på sikt är dock att den digitala lösningen ska kunna tillämpas i stor skala med ett nätverk av sensorer som täcker olika delar av vattenresurskedjan; dricksvatten, badvatten, dagvatten. Modellen för maskininlärning har därför testats teoretiskt genom så kallad federated learning för ett scenario med flera sensorer som samlar data, en distribuerad

modell, för att utvärdera tillämpbarheten i större skala.

Utvärderingen har visat att användningen av flera sensorer för att träna en distribuerad modell medför kortare tidsfördröjning för att få indikation på avvikelser. En distribuerad modell minskar lagring och energiförbrukning på grund av mindre intensiva överföringsbehov från sensorerna och förbättrar integriteten genom att inte överföra rådata över nätverket.

forecast - pH: top three most recent predicted ranges

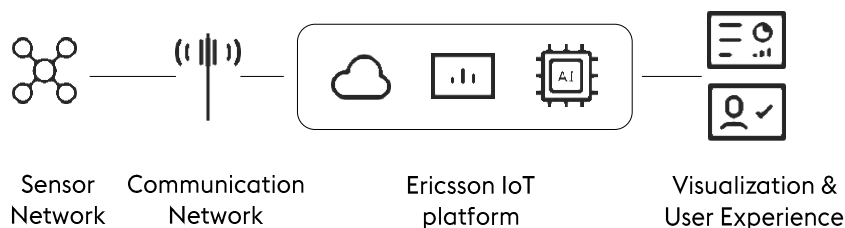


Realtidsmätning av vattnets pH-värde utanför Lovö vattenverk, data från IoT-plattformen "iWater Data Pipe".

Algoritmerna har integrerats i plattformen för databearbetning och analys. För bakteriesensorn har fokus varit på att utveckla algoritmer som detekterar avvikande vattenkvalitet till följd av läckage av avloppsvatten till dricksvattenledningar. Tester har visat att mycket låga koncentrationer av avloppsvatten är möjliga att detektera.

Sensordata har också utvärderats tillsammans med hydrologisk data i syfte att få en djupare förståelse för de drivande faktorerna som påverkar vattenkvaliteten, vilket i sin tur förbättrar datatolkningen och vidareutvecklingen av modeller. Utvärderingen har gjorts av Stockholms universitet. Data från sensorn vid Lovö vattenverk har utvärderats tillsammans med data från tillkommandes vattenflöden i Mälarens hydrologiska tillrinningsområde för att undersöka hur sensorparametrar (pH, konduktivitet, salinitet och temperatur) korrelerar med andra vattenparametrar.

Möjliga tillämpningsområden för den utvecklade lösningen är realtidsinformation om vattenkvaliteten vid badplatser, mätning och varningssystem avseende förorenat dricksvatten, kartläggning och spårning av felkopplade eller trasiga avloppsledningar, samt ökad tidsmässig och rumslig övervakning av miljön för vattenlevande växter och djur.



Översiktlig struktur för den framtagna lösningen. För information om arbete med vidare arbete med visualisering för slutanvändare, se nedan under Affärsstrategi.

Affärsstrategi

Inom projektet har en affärsstrategi tagits fram som har omfattat att identifiera värdekedjor samt en strategi för utveckling av den digitala lösningen.

I samband med arbete med affärsstrategin har grundläggande frågor kring vad som är kommersialiserbara resultat diskuterats. Sensorer finns till viss del redan tillgängliga, algoritmutveckling utförs främst på forskningsnivå och IoT-plattformar i offentlig verksamhet upphandlas ofta centralt och inte specifikt för vattenkvalitetsövervakning.

En stor kartläggning bland internationella nyckelaktörer har utförts genom att nyttja plattformen Water Europe. Kartläggningen resulterade i nio affärsmöjligheter, varav de tre med högst relevans för tänkta slutanvändare valdes ut för vidare arbete. Arbetet har därmed primärt fokuserat på följande tre kommersialiserbara resultat; 1) algoritmer och databearbetning, 2) datavisualisering samt 3) en samlad lösning med plattform, algoritmer och sensorer likt den inom iWater.

Arbetet med affärsstrategin har visat att det är en relativt låg teknologisk mognadsgrad för hela lösningen, vilket innebär att vidare arbete behöver utföras innan kommersialisering. Det har inneburit att det har varit svårt att ta fram en realistisk affärsmodell med en konkret affärsplan. Arbetet har dock medfört värdefullt informationsutbyte mellan slutanvändare och företag avseende behov, nyttor, visualisering av resultat samt möjligheter och problem.

Tillämpbarhet i en smart stad

Lösningen som utvecklats inom iWater har potential att integreras i en framtida plattform i en smart stad där vattenkvalitetsdata samlas och analyseras med annan IoT-data.

Ett identifierat fokusområde där realtidsdata bedöms ge stort mervärde för invånare i staden avser övervakning av badvattenkvalitet. Södertörns högskola har i samverkan med

projektet genomfört en förstudie kring hur miljöförvaltningen skulle kunna presentera resultat av badvattenprovtagning digitalt och har tagit fram en prototyp för en app. Förutsättningen är att datainhämtningen görs tillgänglig digitalt.



Exempel på prototyp för att presentera badvattenkvalitet digitalt för invånare i staden. Prototyp framtagen av studenter på Södertörns högskola i samverkan med miljöförvaltningen.

Arbetet inom projektet har visat att det är möjligt att utveckla en digital IoT-lösning för vattenövervakning av vissa parametrar. Den utvecklade lösningen har dock en låg teknologisk mognadsgrad, vilket innebär att vidare arbete behöver utföras innan tillämpning i arbetsprocesser är möjlig. Dock har vissa delar av vattenövervakningen identifierats som möjliga att digitalisera i närtid med nuvarande tillgängliga lösningar, som exempelvis att nyttja algoritmer för att bearbeta och analysera mätdata som erhålls från manuell provtagning.

Nuvarande miljöövervakning av vattenkvalitet utförs främst i enlighet med gällande standarder för korrekt utvärdering av resultat enligt gällande lagstiftning. Sensormätningar är därmed i de flesta fall enbart ett komplement till traditionell manuell övervakning för att få bättre tidsmässig och rumslig upplösning på data. I viss utsträckning kan dock digitala lösningar generera mer pålitliga resultat än den övervakning som sker idag, exempelvis avseende övervakning av algförekomst och giftiga cyanobakterier vid badplatser där det i dagsläget endast utförs okulär kontroll. En till viss del automatiserad badövervakning kan dessutom innebära möjligheten att i god tid kunna planera arbetsinsatser, såsom extrainsatt fältprovtagning och kommunikation i samband med avrådan för bad. Realtidsinformation om badvattenkvalitet bedöms ha stort värde för invånare i staden.

Arbete för bättre vattenkvalitet kan effektiviseras genom att nyttja digitala lösningar för att spåra felkopplingar eller brister i

spillvattennätet genom mätningar av bakterieförekomst. En digitaliserad lösning kan potentiellt leda till att brister upptäcks och åtgärdas effektivare, något som på sikt ger bättre vattenkvalitet och rekreationsvärden för invånare i staden. Möjligheten att nyttja sensorer för bakterieindikation bör utvärderas vidare.

Kommunikation

En ökad kunskap om digitala lösningar inom offentlig sektor har erhållits genom kunskapsutbyte med industri och akademi. Projektet har även omfattat erfarenhetsutbyte med andra IoT-projekt, bland annat projektet LoV-IoT som letts av Miljöförvaltningen i Göteborgs stad där dagvatten, luft och buller övervakats med hjälp av sensorer, samt projektet Conneted SRS som letts av Exploateringskontoret i Stockholms stad som arbetat för att identifiera behov av data för uppföljning och styrning mot hållbarhetsmålen. Erfarenhetsutbyte och dialog har även skett med SMHI och Region Stockholm. Stadens program Smart stad har bistått med information avseende plattformsstruktur och deltagare från iWater har medverkat på träffar om smart och uppkopplad stad, öppen och delad data samt säkerhet.

I syfte att sprida kunskap och resultat har projektet ställts ut samt medverkat i paneldiskussion på Digitalize Stockholm under 2019 och 2020 samt Digital Futures 2021 med stort nationellt och internationellt deltagande. Projektet har även presenteras på bland annat OpenLab KTH, Water Scarcity conference, World Water Week, TAMSEC Sakernas internet och på IoT Sveriges träffar för dialog angående projektet. Projektet har presenterats för internationella delegationer från Indien, Kina och Frankrike. Bakteriesensorn, med bidraget ”Digitaliserad dricksvattenkvalitet med elektronisk tunga” kom med på Kungliga ingenjörsvetenskapsakademiens (IVAs) 100-lista år 2021. Information om projektet har spridits genom medverkan i informationsfilmer och forskningsresultat har resulterat i ett flertal publicerade vetenskapliga artiklar.

Slutsats och framtida utmaningar

Projektmedverkan har resulterat i en ökad generell kännedom om IoT, plattformar, maskininlärning, säkerhetsfrågor samt möjligheter med olika lösningar inom offentlig sektor. Genom samverkan med kunniga forskare och företagsaktörer har det dock även tydliggjorts att det krävs stor kompetens inom IoT och digitalisering för att fullt ut förstå möjligheter och svårigheter. Det är därför viktigt att

fortsätta arbeta kontinuerligt med digitalisering av befintlig verksamhet och utvärdera nyttor, kostnader och potential med innovativa lösningar för att succesivt få en ökad förståelse för digitaliseringsmöjligheter inom offentlig sektor.

Sammantaget har en digital lösning för mätning av vattenkvalitet utvecklats inom iWater som utgörs av sensorer kopplade till en IoT-plattform med integrerade analysmetoder. Möjliga tillämpningsområden är realtidsinformation om vattenkvaliteten vid badplatser, mätning och varningssystem avseende förorenat dricksvatten, kartläggning och spårning av felkopplade eller trasiga avloppsledningar samt ökad tidsmässig och rumslig övervakning av miljön för vattenlevande växter och djur. Arbetet med affärsstrategin har visat att det är en relativt låg teknologisk mognadsgrad för hela lösningen, vilket innebär att vidare arbete behöver utföras innan kommersialisering.

Då det idag inte är möjligt att fullt ut tillämpa en digital lösning för vattenkvalitetsövervakningen har viktiga resultat från projektet utvärderats. Fokus vid utvärderingen har varit vilka konkreta digitala verktyg som kan ge mervärde i närtid gällande arbetet med att följa tillståndet i vatten. Utvärderingen har resulterat i följande potentiella utvecklingsområden;

- Utvärdera möjligheten att nyttja digitala dataanalysverktyg för att samla in, bearbeta och visualisera den data som finns och erhålls genom befintlig manuell provtagning.
- Vidareutveckla digitala mätmetoder för att indikera bakterieförekomst och därmed spåra felkopplingar eller brister i spillvattennätet.
- Utvärdera möjligheten att nyttja sensorer för mätning av badvattenkvalitet och förekomst av cyanobakterier.

De potentiella framtida utvecklingsområdena utgör förslag till vidare projekt som kan leda till mervärde för arbetet för bättre vatten och som en del av den digitala resan inom offentlig sektor.